

УДК 630*36

Я. Петерсонс, ассистент (ЛСУ, г. Елгава, Латвия);**А. Дреска**, доктор технических наук, профессор (ЛСУ, г. Елгава, Латвия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА НАСАЖДЕНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ХАРВЕСТЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РУБОК УХОДА

В предложенном исследовании установлено, как различный состав лесонасаждения влияет на производительность харвестера при проведении рубок ухода в Латвии. За основу исследования приняты компьютерные данные результатов работы харвестеров на 100 лесосеках, которые учитывают оперативное рабочее время, простои, количество кубометров кругляка, заготовленного в единицу оперативного рабочего времени.

The study ascertains how different composition of stand species affect the work of the harvester in commercial thinning in Latvia. The basis for the study of computer data taken performance 100 harvester felling, which take into account the operational working time, downtime, the number of cubic meters of round wood harvested in the operational unit of working time.

Введение. Экономика в лесном хозяйстве также необходима, как в любой другой отрасли, поэтому важно с наименьшими затратами вырастить высококачественную древесину, учитывая государственное лесное законодательство. Параллельно с внедрением процесса механизации на лесозаготовке идет оценка и исследование производительности этих машин. При этом, если на рубках главного пользования механизированные технологии требуют решения вопросов, как быстро и эффективно обработать вырубаемые деревья, легче передвигаться в тяжелых условиях лесосек, то на рубках ухода добавляются существенные аспекты. К ним относятся требования, в соответствии с которыми после рубки оставшаяся для дальнейшего роста часть лесонасаждения должна быть здоровой и перспективной, без повреждений корневой системы и надземной части, что позволяет достигнуть оптимума целевого древостоя (Розинь, 1978; Савельев, 1989; Ovaskainen, 2009).

Несмотря на вышесказанное, и в механизированных рубках ухода производительность является одним из самых важных экономических показателей. Производительность харвестера обычно определяется как заготовленная продукция – круглый лесоматериал – за час оперативного рабочего времени ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Основная часть. На производительность харвестера при проведении рубок ухода влияет множество факторов, которые условно можно разделить на три группы: лесохозяйственные, технические, человеческие.

Из вышесказанного следует, что производительность харвестера на рубках ухода – это сложный многофакторный показатель. В большей части исследовательских работ, которые связаны с применением техники на лесозаготовке, лесохозяйственные факторы определяются из лесотаксационных показателей: средний объем и форма ствола вырубаемого дерева; состав

и густота древостоя; тип условий роста (несущая способность грунтов, форма размещения деревьев на местности).

Наиболее широко исследована взаимосвязь между объемом вырубаемого дерева и производительностью лесной техники. Практически у всех технических средств, применяемых на лесозаготовке, есть прямая взаимосвязь (прямая корреляция) со средним объемом дерева (м^3). Эту взаимосвязь исследовал и коллектив ученых Латвийского государственного института лесной науки «SILAVA», которыми установлено, что при увеличении среднего объема вырубаемого дерева увеличивается производительность харвестера.

Эта закономерность доказана многими исследованиями североамериканских (Brunberg and al, 1997; Lageson, 1997; Eliasson, 1998; Siren, 2003) и североамериканских (Kellog and Bettinger, 1994; Landford and Stokes, 1995, 1996; Pulkki, 2003) стран. Современные харвестеры достигли такого уровня эффективности, что разница между обработкой большого дерева и маленького не существенна. Это, безусловно, приводит к увеличению производительности, однако зависимость между показателями производительности и объемом вырубаемого дерева становится нелинейной. При определенном объеме ствола вырубаемого дерева производительность харвестера начинает снижаться (Lageson, 1997). Это значит, что размеры вырубемых деревьев превышают технические возможности конкретной лесозаготовительной техники.

Влияние породы вырубаемого дерева на производительность харвестера, как фактор влияния на производительность при рубках ухода, изучено недостаточно. Многие специалисты признают, что работа в хвойных древостоях доставляет меньше проблем по сравнению с работой в лиственных или смешанных древостоях. Вместе с тем надо отметить, что

производительность харвестера в хвойных насаждениях выше, чем в подобных условиях в лиственных насаждениях. Для рубок ухода важно соблюдать модель развития целевого насаждения, которая существенно зависит от породного состава лесонасаждения. Чем сложнее породный состав лесонасаждения перед рубкой ухода, тем резче уменьшается производительность применяемой техники по сравнению с аналогичными условиями для чистопородного древостоя (Uusitalo, 2004).

В этой связи целью предложенного исследования является сравнение производительности харвестеров на рубках ухода в лесонасаждениях различного породного состава при одинаковом среднем объеме ствола вырубаемого дерева.

Производительность харвестера в зависимости от характеристики древостоя анализировалась на основании информации файлов рабочего времени – *drf. Информация этих файлов автоматически накапливается в компьютере каждого харвестера и индивидуальна для каждой лесосеки. В этой информации фиксируется оперативное рабочее время, простои и одновременно количество кубометров кругляка, заготовленного в единицу оперативного рабочего времени – час ($\text{м}^3/\text{ч}$) на каждой лесосеке с учетом особенностей обработки каждым оператором харвестера.

Для этого исследования были выбраны файлы рабочего времени из архивов организации A/S «Latvijas Valsts Meži» («Латвийские государственные леса»). На начальном этапе из базы данных отобрана информация о лесонасаждениях, где выполнена рубка ухода машинным способом. Чтобы исключить региональные особенности лесонасаждений, особенности разных операторов харвестера, особенности работы лесозаготовительных фирм, которым принадлежит техника, были отобраны лесосеки рубок ухода на всей территории Латвии. Изначально принято, что для исследования производительности харвестера необходимо использовать результаты разработки 100 лесосек рубок ухода. Следующим лимитирующим показателем для отбора информации принято, что лесосеки рубок ухода по площади должны быть не менее 2,0 га и иметь средний объем вырубаемого дерева $0,1 \pm 0,01 \text{ м}^3$. После этого все отобранные лесосеки рубок ухода были рассортированы по их породному составу. Были исключены из анализа лесосеки,

где рубки ухода выполнялись в нескольких различных древостоях с различным породным составом или имелись существенные отличия в типах условий роста лесонасаждений.

Поскольку ограничивающих критериев много, то отобранные лесосеки по породному составу разделены на три группы: сосняки чистопородные (главная порода – сосна, доля в составе не менее 80%); ельники чистопородные (главная порода – ель, доля в составе не менее 80%); лиственные смешанные древостои (главная порода – лиственные породы, доля в составе 51–70%).

После этого для всех отобранных лесосек были выбраны файлы регистрации оперативного рабочего времени харвестеров – *drf и обработаны с использованием компьютерной программы SILVIA. Полученная информация с этих файлов обобщена, за основу взят показатель средней производительности харвестера ($\text{м}^3/\text{ч}$), при этом учитывались простои, работа разных операторов и т. д. Отобранная информация введена в компьютерную программу SPSS 17, где определены ее статистические показатели.

Для статистической оценки были использованы однофакторный дисперсионный анализ и Т-тест. Анализ дисперсии нужен для того, чтобы определить, является ли зависимость производительности харвестера от породного состава лесонасаждения существенной или нет. Т-тест использован для расчета интервала достоверности и отображения его графически. Результаты дисперсионного анализа обобщены в табл. 1.

При сравнении стандартных отклонений из табл. 1 видно, что этот показатель у лиственных смешанных пород самый большой. Это значит, что на рубках ухода в лиственных древостоях показатель производительности харвестера находится в широком диапазоне, в отличие от чистопородных ельников, где стандартное отклонение самое маленькое.

Оценивая вторую часть табл. 1, видим, что фактическая величина Фишера больше критической величины ($F_{\text{crit}} = 3,088$), следовательно, при 95%-ной вероятности нулевая гипотеза о возможности одинаковой производительности харвестера во всех видах лесонасаждений отклоняется. Это же наблюдается по критерию Р, поэтому мы полностью отклоняем с 95%-ной вероятностью нулевую гипотезу.

Таблица 1

Сравнение производительности харвестера в лесонасаждениях разного породного состава (дисперсионный анализ)

Группы	Число лесосек	Средняя производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Дисперсия	Стандартное отклонение
Сосняк чистопородный	33	3,958	1,565	1,25081
Ельник чистопородный	33	3,092	0,834	0,91345
Лиственная смешанная	33	3,673	2,235	1,49515

Таблица 2

Сравнение производительности харвестера ($\text{м}^3/\text{ч}$) в лесонасаждениях различного состава (Т-тест)

Вид насаждения	Фактическая величина Т-теста	Число степеней свободы	Средняя производительность	95%-ный интервал достоверности	
				нижний	верхний
Сосна чистопородная	18,451	33	3,95794	3,5215	4,3944
Ель чистопородная	19,736	33	3,09176	2,7730	3,4105
Лиственные смешанные	14,324	33	3,67294	3,1513	4,1946

При выполнении сравнения классов градации установлено, что различия между производительностью харвестера в чистопородных сосняках и чистопородных ельниках существенны (табл. 1). В лиственных смешанных древостоях интервал достоверности перекрывает интервалы достоверности чистопородных сосняков и ельников. Это значит, что производительность харвестера в лиственных смешанных древостоях существенно не отличается от производительности в хвойных чистопородных древостоях.

Установлено, что, при выполнении рубок ухода в лесонасаждениях при среднем вырубном дереве $0,1 \text{ м}^3$ наибольшая производительность харвестера в чистопородных сосняках, на втором месте производительность в смешанно-лиственных лесонасаждениях, а самая низкая производительность в чистопородных ельниках.

Особая ситуация в латвийских лесах с лиственными насаждениями. В Латвии сравнительно редко встречаются чистопородные лиственные насаждения среднего возраста, в основном распространены смешанные в различных комбинациях древостои, нередко в переувлажненных местах на плодородных почвах с большим разнообразием древесных пород.

Еловые чистопородные древостои, где по историческим причинам и ходу их развития – это лесонасаждения искусственного происхождения 70–80-х годов прошлого столетия, высаженные с густотой 8–10 тыс. саженцев на 1 га. Уход за молодняками в этих лесопосадках не был выполнен на современном уровне, поскольку цель была выращивать густые ельники (Epalts, 2005). Поэтому в возрасте рубок ухода эти древостои имеют высокий показатель густоты, что является определяющим фактором, влияющим на производительность харвестера.

Тип условий роста лесонасаждения как фактор, влияющий на производительность лесных машин, чаще всего ассоциируется с несущей способностью лесной почвы. Отдельные авторы (Epalts, 2002) считают, что этот фактор влияет на производительность лесных машин и степень его влияния сильно зависит от времени

года и климатических условий, поэтому влияние этого фактора при некоторых условиях будет несущественно.

Одновременно признается, что форма ствола вырубаемых деревьев может существенно влиять на производительность лесных машин, но однозначного заключения нет. Многие исследователи отмечают, что форма ствола влияет на обрезку сучьев вырубаемых деревьев и на выход деловых сортиментов (Uusitalo, 2004). Однако с использованием при анализе результатов со 100 лесосек, которые равномерно распределены по всей территории Латвии, установлено, что особенности формы стволов вырубаемых деревьев не должны влиять на результаты исследования.

Ряд исследователей отмечают, что густота древостоев перед рубками ухода и после них – это важный лесохозяйственный фактор, который влияет на производительность лесных машин. Однако он сильно взаимосвязан с техническими характеристиками машины – габаритами машины, линейными размерами рабочих механизмов и т. п. (Савельев, 1989). Влияние этого фактора еще не полностью изучено, и на результаты данного исследования влиять не может, поскольку в исследованиях использовались аналогичные харвестеры для рубок ухода со схожими параметрами.

Выводы. Наибольшая производительность харвестера при среднем вырубном дереве $0,1 \text{ м}^3$ в чистопородных сосняках – $3,96 \text{ м}^3/\text{ч}$, в лиственных смешанных лесонасаждениях – $3,67 \text{ м}^3/\text{ч}$, в чистопородных ельниках – $3,09 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Исходя из результатов сравнения по классам градации можно отметить, что производительность харвестеров в чистопородных сосняках и чистопородных ельниках существенно отличается.

Интервал достоверности производительности харвестера в лиственных смешанных древостоях перекрывает интервалы достоверности в хвойных чистопородных древостоях. Из этого следует, что нет существенного различия в производительности харвестеров в лиственных смешанных и в чистопородных хвойных насаждениях.

Поступила 17.02.2014